

AEROPORTO CIVILE DI FOGGIA PROGETTO PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DI VOLO RWY 15/33

Studio di Impatto Ambientale

DOCUMENTO RIEPILOGATIVO



Allegato A02 - Valutazione esposizione dei
lavoratori a campi elettromagnetici

Data: Agosto 2014

Allegato
A02



AEROPORTO "GINO LISA"
Viale Aviatori - 71122 - Foggia

Indagine ambientale

*Valutazione dell'esposizione dei lavoratori a campi
elettromagnetici*

Indagine 2012

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	INTRODUZIONE	4
3	I CAMPI ELETTROMAGNETICI	5
3.1	Generalità e definizioni.....	5
3.2	Effetti sulla salute.....	9
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO	11
4.1	Il Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i. - TITOLO VIII (Agenti Fisici), Capo IV (protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici)	11
4.1.1	<i>Campo di applicazione</i>	11
4.1.2	<i>Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi</i>	11
4.1.3	<i>Limiti di esposizione e conseguenti misure di prevenzione e protezione</i>	12
4.1.4	<i>Informazione, formazione e addestramento dei lavoratori</i>	15
5	INDIVIDUAZIONE DELLE SORGENTI DI RISCHIO	16
5.1	Considerazioni generali.....	16
5.2	Sorgenti individuate presso l'aerostazione di Foggia.....	18
6	METODOLOGIE DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI	20
6.1	Valutazione con misurazioni	20
6.1.1	<i>Strumentazione adoperata e modalità di misura</i>	20
6.1.2	<i>Acquisizione dati</i>	21
7	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	24
8	CONCLUSIONI	25

ALLEGATI:

ALLEGATO 1 - SCHEDE DELLE MISURAZIONI EFFETTUATE: BASSA FREQUENZA

ALLEGATO 2 - SCHEDE DELLE MISURAZIONI EFFETTUATE: ALTA FREQUENZA

ALLEGATO 3 - CERTIFICATI DI TARATURA DELLA STRUMENTAZIONE ADOPERATA

ALLEGATO 4 - PLANIMETRIE LOCALI RILEVATI

1 PREMESSA

In considerazione di quanto previsto dal D.Lgs. 9 Aprile 2008, n. 81 "**Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro**", pubblicato sul Supplemento Ordinario n. 108/L alla Gazzetta Ufficiale n. 101 del 30 Aprile 2008, si ritiene necessario premettere quanto segue in relazione al termine per l'adozione delle disposizioni contenute nel Titolo VIII, Capo I e Capo IV del suddetto decreto, in materia di "*Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici*".

Al comma 3 dell'art. 306 il nuovo Testo Unico stabilisce che "*Le disposizioni di cui al Titolo VIII, Capo IV entrano in vigore alla data fissata dal primo comma dell'articolo 13, paragrafo 1, della direttiva 2004/40/CE. (...)*". A sua volta tale comma fissa che "*Gli Stati Membri mettono in vigore le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla presente direttiva entro il 30 aprile 2008. Essi ne informano immediatamente la Commissione*".

Tuttavia, il 26 aprile 2008 sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea è stata pubblicata (ed è quindi entrata in vigore, secondo quanto stabilito nell'art. 2) la "**Direttiva 2008/46/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 aprile 2008 che modifica la direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) diciottesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE**".

In particolare il provvedimento ha posticipato di **quattro anni** l'obbligo di recepimento della Direttiva sull'esposizione al cosiddetto "elettrosmog". All'**art. 1** della nuova Direttiva si legge infatti che "All'articolo 13, paragrafo 1, della direttiva 2004/40/CE, il primo comma è sostituito dal seguente «*1. Gli Stati membri mettono in vigore le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla presente direttiva entro il **30 aprile 2012**. Essi ne informano immediatamente la Commissione*»".

Sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea del 24 Aprile 2012 è stata pubblicata la Direttiva 2012/11/UE che rinvia dal 30 aprile 2012 al 31 ottobre 2013, il termine per il recepimento da parte degli Stati membri della Direttiva 2004/40/CE sui campi elettromagnetici (Art. 1 – "*All'articolo 13, paragrafo 1, della direttiva 2004/40/CE la data «30 aprile 2012» è sostituita da quella del «31 ottobre 2013»*").

L'Italia si è già conformata all'ordinamento comunitario recependo la Direttiva 2004/40/CE attraverso il D.Lgs n. 81/2008 (capo IV titolo VIII, "Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici"), subordinandone per l'entrata in vigore alle disposizioni della direttiva. Pertanto per effetto del rinvio disposto dall'art. 306, comma 3 del D.Lgs. 81/08, l'entrata in vigore della disciplina è rinviata al **31 ottobre 2013**.

L'avvenuta proroga non implica però che non si debba effettuare la valutazione dei rischi sull'esposizione dei lavoratori all'agente fisico in questione fino alla nuova data, ma solamente che i valori limite fissati per legge entreranno in vigore a quella data. Infatti è

sempre un obbligo del datore di lavoro effettuare una valutazione di tutti i rischi ai quali un lavoratore può essere esposto durante la propria attività.

2 INTRODUZIONE

Il presente studio ha l'obiettivo di valutare l'esposizione dei lavoratori a campi elettromagnetici all'interno dell'Aeroporto "Gino Lisa" di Foggia, evidenziando eventuali situazioni critiche mediante il confronto dei risultati ottenuti con i limiti proposti dalla normativa vigente e procedendo alla individuazione di eventuali interventi preventivi/proteettivi o di approfondimento dei fenomeni in esame.

Tale analisi si inserisce nel quadro generale delle attività di Valutazione dei Rischi, e, più in particolare, riguarda la valutazione dei rischi derivanti dall'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz (di seguito anche CEM), così come specificato nel Decreto Legislativo 9 Aprile 2008, n. 81 e s.m.i.: "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" (GU n. 101 del 30/4/2008 - Suppl. Ord. n. 108/L).

L'indagine è stata eseguita in corrispondenza di postazioni, sia all'interno della struttura aeroportuale sia sul piazzale air-side, individuate in relazione alla loro significativa esposizione ai campi elettromagnetici generati dalle attrezzature da ufficio (pc, monitor, ecc..), dalle antenne di telefonia mobile installate nei pressi della struttura e dai sistemi ed impianti a servizio della stazione aeroportuale.

Le postazioni di misura sono state individuate in accordo con i referenti del Servizio di Prevenzione e Protezione.

La valutazione dei rischi sarà aggiornata ogni qualvolta si verificano mutamenti che potrebbero renderla superata, oppure quando i risultati della sorveglianza sanitaria ne rendano necessaria la revisione.

3 I CAMPI ELETTRICI

3.1 Generalità e definizioni

Per radiazione elettromagnetica si intende la propagazione in un dato mezzo di campi elettrici e magnetici, variabili nel tempo (oscillanti) e correlati tra loro in modo da costituire un'unica entità, ovvero il campo elettromagnetico.

I campi elettromagnetici e le radiazioni da essi prodotte sono presenti ovunque e sono necessari alla vita sulla Terra. Esistono molte sorgenti, naturali o frutto dell'intervento dell'uomo, che irradiano energia sotto forma di onde elettromagnetiche. I campi elettrici e magnetici che costituiscono tali onde sono generati da cariche e correnti oscillanti e la loro frequenza di variabilità nel tempo varia da valori di 0-1 Hertz (relativi ai campi statici generati da accumuli di cariche elettriche o da correnti costanti), fino a valori elevatissimi, ben oltre i miliardi di Hertz degli acceleratori di particelle.

Le onde elettromagnetiche di tipo periodico possono essere caratterizzate in base alla rispettiva frequenza, lunghezza d'onda e energia. I tre parametri sono tra loro correlati, ed influenzano il tipo di interazione con i sistemi biologici.

La **frequenza** di un'onda elettromagnetica è data dal numero di oscillazioni nell'unità di tempo valutate in un punto fisso. Essa si misura in cicli al secondo, o Hertz (Hz). Per descrivere i campi a radiofrequenza (RF) sono usati sovente i multipli dell'Hertz: il kiloHertz (kHz), pari a mille cicli al secondo; il MegaHertz (MHz), pari a un milione di cicli al secondo; il GigaHertz (GHz), pari a un miliardo di cicli al secondo.

La **lunghezza d'onda** è la distanza tra due punti successivi di massimo lungo la direzione di propagazione dell'onda elettromagnetica. Il prodotto della frequenza per la lunghezza d'onda è costante e vale la velocità della luce nel mezzo sede della propagazione. Perciò quanto più corta è la lunghezza d'onda, tanto più alta è la frequenza dell'onda stessa e viceversa.

Ad un'onda elettromagnetica di data frequenza è inoltre associata una quantità di **energia** che è tanto maggiore quanto più alta è la frequenza. Questa energia può essere in grado o meno di danneggiare le molecole biologiche sulle quali va ad impattare l'onda elettromagnetica.

I campi elettromagnetici a frequenza elevatissima, superiore ai 10 mila THz, ben oltre lo spettro della luce visibile, sono definiti **ionizzanti**, poiché presentano un'energia sufficientemente elevata da determinare modificazioni a livello atomico nella materia ovvero la rottura dei legami che uniscono le molecole che formano le cellule.

E' il caso, in particolare, dei raggi UV, X e delle radiazioni gamma. Al di sotto della soglia dell'ultravioletto, invece, le onde elettromagnetiche non possiedono energia sufficiente a determinare modificazioni atomiche.

Questo limite è di natura discreta, nel senso che per modificare lo stato di un elettrone

serve un'energia ben determinata, dell'ordine di decine di elettronvolt. Al di sotto di questa soglia non possono verificarsi modificazioni di stato.

La protezione della salute dei lavoratori dagli effetti derivanti dall'esposizione a radiazioni ionizzanti è disciplinata da un'altra direttiva, recepita in Italia con il D.Lgs. 230/95 e s.m.i. e non quindi oggetto della presente valutazione.

Le radiazioni **non ionizzanti** (NIR) si trovano invece nella parte dello spettro elettromagnetico più bassa in cui le onde hanno energie troppo deboli per spezzare i legami molecolari. Tra queste: radiazioni ultraviolette a onda lunga (UV), luce visibile, raggi infrarossi (IR o calore), campi di radiofrequenza (RF) e microonde, campi di frequenza estremamente bassa (ELF), e campi statici elettrici e magnetici.

Una rappresentazione grafica dello spettro delle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti sono riportate in Figura I.

I campi elettromagnetici di interesse per le telecomunicazioni e il trasporto di energia sono compresi nella parte NIR dello spettro elettromagnetico e hanno frequenze comprese tra 0 e 300 GHz: essi sono soggetti a varie classificazioni a seconda del rispettivo intervallo di frequenza. Per i nostri scopi può valere la seguente suddivisione, cui corrispondono alcune delle applicazioni indicate (Tabella 1):

- Campi statici (0 Hz): treni a levitazione magnetica per il trasporto pubblico, dispositivi di diagnostica per immagini di risonanza magnetica utilizzati a scopo medico e dispositivi elettrolitici che impiegano correnti elettriche dirette per la lavorazione industriale dei materiali.
- Campi di frequenza estremamente bassa (ELF) (da >0 a 300 Hz): treni per il trasporto pubblico, tutti i dispositivi impiegati nella generazione, distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica (di norma 50 o 60 Hz).
- Campi a frequenza intermedia (IF) (da >300 Hz a 10 MHz): dispositivi antifurto e di sicurezza, caloriferi a induzione e unità display video.
- Campi a radiofrequenza RF e microonde, (da >10 MHz a 300 GHz): telefoni cellulari e trasmettenti per telecomunicazioni, radar e unità diatermiche a uso medico.

Figura I - Spettro elettromagnetico

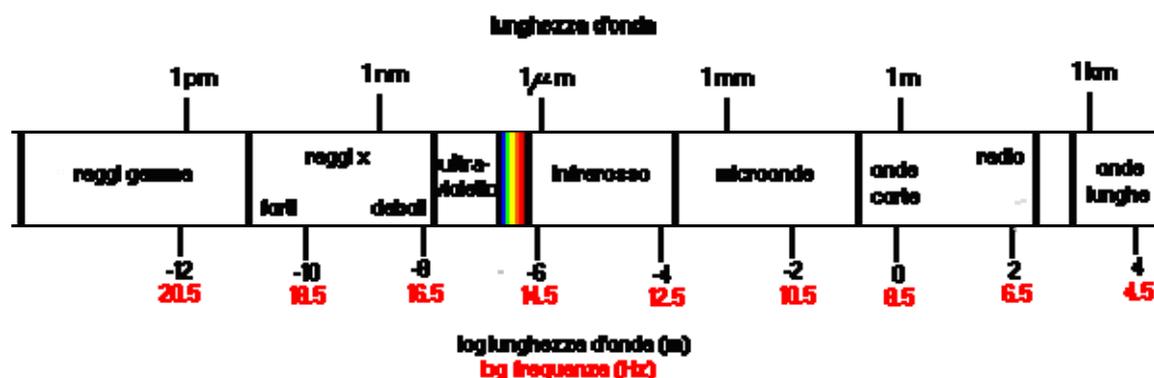


Tabella 1 – Associazione tra tipo di campo, frequenza e sorgente

Tipo di campo	Frequenza	Sorgente
Campo statico	0 Hz	Corrente continua
Correnti alternate	50÷400 Hz	Corrente alternata
Onde radio lunghe	30 kHz ÷ 300 kHz	Antenne radio
Onde radio medie	300 kHz ÷ 3 MHz	Antenne radio
Onde radio corte	3 MHz ÷ 30 MHz	Antenne radio
Onde radio VHF	30 MHz ÷ 300 MHz	Antenne radio Mf e Tv
Onde radio UHF	300 MHz ÷ 3 GHz	Telefonia mobile e Tv
Microonde	3 GHz ÷ 300 GHz	Satelliti, Radar
Infrarosso	300 GHz ÷ 410 THz	Luce infrarossa
Luce visibile	410 THz ÷ 750 THz	Sole, Lampadine
Ultravioletti	750 THz ÷ 30.000 THz	Sole, Sincrotroni
Raggi X	30.000 THz ÷ 3 milioni di THz	Tubi per raggi X
Raggi gamma	3 milioni di THz ÷ 30 mila miliardi di PHz	Acceleratori di particelle

Legenda:

VHF	Very High Frequency
UHF	Ultra High Frequency
KHz	mille (Kilo) Hertz
MHz	milione (mega) di Hertz
GHz	miliardo (Giga) di Hertz
THz	mille miliardi (Tera) di Hertz
PHz	milione di miliardi (Peta) di Hertz

In Tabella 2 sono riportate le grandezze fisiche e le unità di misura riguardanti le radiazioni non ionizzanti (NIR) ed in Tabella 3 le costanti fisiche di riferimento.

Tabella 2 – Grandezza fisiche ed unità di misura

Grandezza	Simbolo	Unità di misura (SI)	
Densità di corrente	J	Ampere per m ²	A/m ²
Intensità del campo elettrico	E	Volt per metro	V/m
Induzione elettrica	D	Coulomb per m ²	C/m ²
Conducibilità elettrica	σ	Siemens per metro	S/m
Frequenza	F	Hertz	Hz
Intensità del campo magnetico	H	Ampere per metro	A/m
Induzione magnetica	B	Tesla (8.10 ⁵ A/m)	T o Wb/m ²
Permeabilità magnetica	μ	Henry per metro	H/m
Costante dielettrica	ε	Farad per metro	F/m

Grandezza	Simbolo	Unità di misura (SI)	
Densità di potenza	S	Watt per mq	W/m ²
Tasso di assorbimento specifico	SAR	Watt per Kg	W/Kg
Lunghezza d'onda	λ	metro	m
Densità di energia		Joule per mq	J/m ²

Tabella 3 – Costanti fisiche

Costante	Simbolo	Valore
Velocità della luce	c	299.792.458 m/s
Costante dielettrica del vuoto	ϵ_0	8,854 x 10 ¹² F/m
Permeabilità magnetica del vuoto	μ_0	4 π x 10 ⁷ H/m
Impedenza d'onda del vuoto	Z ₀	377 Ω

Le seguenti grandezze fisiche sono utilizzate per descrivere l'esposizione ai campi elettromagnetici:

Corrente di contatto (I_c). È la corrente che fluisce al contatto tra un individuo ed un oggetto conduttore caricato dal campo elettromagnetico. La corrente di contatto è espressa in Ampere (A). Un conduttore che si trovi in un campo elettrico può essere caricato dal campo.

Densità di corrente (J). È definita come la corrente che passa attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. È espressa in Ampere per metro quadro (A/m²).

Intensità di campo elettrico (E). È una grandezza vettoriale che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt per metro (V/m).

Intensità di campo magnetico (H). È una grandezza vettoriale che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere per metro (A/m).

Induzione magnetica (B). È una grandezza vettoriale che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in Tesla (T).

Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione:

$$B = \mu_0 H$$

con $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Henry/m.

Densità di potenza (S). Questa grandezza si impiega nel caso delle frequenze molto alte per le quali la profondità di penetrazione nel corpo è modesta. Si tratta della potenza radiante incidente perpendicolarmente a una superficie, divisa per l'area della superficie in questione ed è espressa in Watt per metro quadro (W/m²).

Essa è una grandezza più direttamente collegata agli effetti prodotti dai CEM.

Assorbimento specifico di energia (SA). Si definisce come l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in Joule per chilogrammo (J/kg). Nella direttiva CEM esso si impiega per limitare gli effetti non termici derivanti da esposizioni a microonde pulsate.

Tasso di assorbimento specifico di energia (SAR). Si tratta del valore mediato su tutto il corpo o su alcune parti di esso, del tasso di assorbimento di energia per unità di massa di tessuto corporeo ed è espresso in Watt per chilogrammo (W/kg). Il SAR a corpo intero è una misura ampiamente accettata per porre in rapporto gli effetti termici nocivi dell'esposizione a radiofrequenze (RF). Oltre al valore del SAR mediato su tutto il corpo, sono necessari anche valori locali del SAR per valutare e limitare la deposizione eccessiva di energia in parti piccole del corpo conseguenti a particolari condizioni di esposizione, quali ad esempio il caso di un individuo in contatto con la terra, esposto a RF dell'ordine di pochi MHz e di individui esposti nel campo vicino di un'antenna.

3.2 Effetti sulla salute

Circa gli effetti per la salute associati all'esposizione a CEM, è necessario distinguere tra effetti a lungo e breve termine. Come già detto, le NIR non possono provocare la ionizzazione in un sistema biologico, ma possono comunque produrre effetti biologici riconducibili al riscaldamento dei tessuti e all'induzione di correnti elettriche nei tessuti e nelle cellule. A tale proposito si riportano nel seguito alcune considerazioni tratte da una pubblicazione dell'ISPESL sul tema.

I campi elettrici indotti nelle strutture biologiche dai campi elettrici e magnetici (bassa frequenza) esterni o dalle componenti elettrica e magnetica del campo elettromagnetico (alta frequenza), provocano un assorbimento di energia dovuto a fenomeni di polarizzazione e movimento di cariche.

Il campo elettrico interno esercita delle forze sulle cariche presenti all'interno delle strutture biologiche esposte e il movimento di dette cariche dal punto di vista macroscopico consiste in una corrente elettrica che circola all'interno del corpo e la cui intensità è determinata localmente da vari parametri.

Nell'esposizione a campi elettrici di frequenza inferiore a 10 MHz l'intensità della corrente che fluisce per l'unità di area posta perpendicolarmente alla direzione del campo applicato, denominata perciò Densità di corrente (J), a parità di tutti gli altri fattori coinvolti è proporzionale alla frequenza del campo.

Anche l'accoppiamento con i campi magnetici esterni induce all'interno delle strutture biologiche esposte dei campi elettrici spazialmente non uniformi che determinano il fluire di correnti. La densità di corrente indotta dai campi magnetici aumenta linearmente con la frequenza del campo oltre che con la conducibilità dei tessuti ed il valore dell'induzione magnetica.

Nell'esposizione a frequenza inferiore a qualche MHz, la densità di corrente nei tessuti

esposti è prodotta dall'azione combinata delle componenti elettrica e magnetica del campo esterno.

Le correnti indotte provocano sviluppo di calore e contemporaneamente possono innescare effetti di stimolazione su tessuti e strutture elettricamente eccitabili se vengono superati i relativi valori di soglia.

A frequenza inferiore a qualche MHz predomina l'effetto di stimolazione, mentre a frequenza superiore predominano i fenomeni di riscaldamento.

In particolare nell'esposizione a microonde, cioè a campi elettromagnetici di frequenza superiore a 300 MHz, l'unico effetto macroscopico rilevante ai fini della protezione è l'effetto termico indotto dal campo elettromagnetico esterno. L'assorbimento di energia elettromagnetica ad alta frequenza, ($f > 10$ MHz) dà luogo allo sviluppo di calore, un fenomeno ben noto e quantificabile con strumenti teorici e sperimentali.

La deposizione di energia all'interno del soggetto esposto non è mai uniforme, a causa delle differenti proprietà dielettriche dei tessuti esposti, e delle diverse proprietà riflettive e rifrattive delle varie interfacce. Inoltre l'assorbimento di energia elettromagnetica ad alta frequenza è fortemente dipendente dalle dimensioni fisiche e dall'orientamento del corpo del soggetto esposto in rapporto alla frequenza e polarizzazione del campo elettromagnetico.

Alla distribuzione spaziale dell'energia assorbita non corrisponde una analoga distribuzione dell'incremento di temperatura, perché la perfusione sanguigna è elevata in alcuni tessuti e organi e scarsa in altri, e ciò determina una diversa capacità di scambio di calore. All'aumentare della frequenza diminuisce progressivamente la capacità dei campi elettromagnetici di penetrare all'interno dei sistemi biologici, e di conseguenza l'assorbimento si concentra progressivamente sulle strutture più esterne.

Gli effetti a breve termine sono quindi riconducibili all'induzione di correnti interne, prevalente alle basse frequenze, e all'assorbimento termico (prevalente alle alte frequenze).

Riguardo agli effetti a lungo termine sono stati effettuati e, sono tuttora in corso, numerosi studi. Ad oggi non sono stati raggiunti risultati che correlino in modo scientificamente corretto l'insorgenza di patologie con l'esposizione a lungo termine a NIR.

Cosicché mentre per gli effetti a breve termine delle NIR è stato possibile determinare dei livelli di riferimento (quelli del D.Lgs. 81/08 e s.m.i.), per le altre temute conseguenze, in attesa di risultati concreti, la maggior parte degli organismi nazionali ed internazionali ha scelto la via dei limiti cautelativi.

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

4.1 Il Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i. - TITOLO VIII (Agenti Fisici), Capo IV (protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici)

4.1.1 Campo di applicazione

Il D.Lgs. 81/08 e s.m.i. fissa i requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz) durante il lavoro.

Le disposizioni riguardano la protezione dai rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi **a breve termine** conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall'assorbimento di energia, nonché da correnti di contatto.

Quindi esso **non riguarda** la protezione da eventuali effetti **a lungo termine** e i rischi risultanti dal contatto con i conduttori in tensione (art. 206, c. 2).

4.1.2 Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi

Nel contesto della valutazione dei rischi di cui all'art 181, il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura o calcola i livelli dei campi elettromagnetici ai quali sono esposti i lavoratori.

È previsto che la valutazione dei rischi possa essere effettuata (art. 209 comma 1):

- **senza misurazioni**, tenendo conto, quando necessario, dei livelli di emissione indicati dai fabbricanti delle attrezzature;
- **con misurazioni**, che devono essere effettuate in conformità alle norme europee standardizzate del Comitato europeo di normalizzazione elettrotecnica (CENELEC). Finché le citate norme non avranno contemplato tutte le pertinenti situazioni per quanto riguarda la valutazione, misurazione e calcolo dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici, il datore di lavoro adotta le specifiche linee guida individuate od emanate dalla Commissione consultiva permanente per la prevenzione degli infortuni e per l'igiene del lavoro di cui all'art. 6, o, in alternativa, quelle del Comitato elettrotecnico italiano (CEI).

Nell'ambito della valutazione del rischio di cui all'art 181, il Datore di Lavoro presta particolare attenzione ai seguenti elementi (art. 209, c. 4):

- a) il livello, lo spettro di frequenza, la durata e il tipo dell'esposizione;
- b) i valori limite di esposizione e i valori di azione di cui all'art 208;
- c) tutti gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio;

- d) qualsiasi effetto indiretto quale:
- 1) interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici (compresi stimolatori cardiaci e altri dispositivi impiantati);
 - 2) rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici in campi magnetici statici con induzione magnetica superiore a 3 mT;
 - 3) innesco di dispositivi elettro-esplosivi (detonatori);
 - 4) incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili provocata da scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche;
- e) l'esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione ai campi elettromagnetici;
- e-bis) la disponibilità di azioni di risanamento volte a minimizzare i livelli di esposizione ai campi elettromagnetici;
- f) per quanto possibile, informazioni adeguate raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria, comprese le informazioni reperibili in pubblicazioni scientifiche;
- g) per quanto possibile, informazioni adeguate raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria, comprese le informazioni reperibili in pubblicazioni scientifiche;
- h) sorgenti multiple di esposizione;
- i) esposizione simultanea a campi di frequenze diverse.

4.1.3 Limiti di esposizione e conseguenti misure di prevenzione e protezione

Il Decreto Legislativo n. 81/08 definisce all'art. 207 i concetti di "Valori limite di esposizione" (valore di riferimento da non superare) e di "Valori di azione" (il cui superamento comporta l'obbligo di pianificare interventi di mitigazione del rischio):

- "**valori limite di esposizione**": limiti all'esposizione a campi elettromagnetici che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi a breve termine per la salute conosciuti;
- "**valori di azione**": l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di intensità di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B) e densità di potenza (S), che determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nel presente titolo. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.

I valori limite di esposizione si riferiscono a grandezze **dosimetriche** che caratterizzano, cioè, gli effetti indotti dai campi elettromagnetici all'interno dei tessuti biologici. I valori d'azione riguardano invece grandezze **radiometriche**, cioè le grandezze che caratterizzano le proprietà intrinseche dei campi elettrici e magnetici a prescindere dagli effetti che gli stessi hanno sull'uomo.

I valori limite di esposizione ed i valori di azione sono riportati nelle seguenti tabelle (Tabella 4 e Tabella 5).

Tabella 4 – Valori limite di esposizione ai sensi del D.Lgs. 81/08 e s.m.i.

Intervallo di Frequenza (f)	Densità di corrente per capo e tronco J (mA/m ²) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza (W/m ²)
fino a 1 Hz	40	-	-	-	-
1 Hz - 4 Hz	40/f	-	-	-	-
4 Hz - 1000 Hz	10	-	-	-	-
1000 Hz - 100 kHz	f/100	-	-	-	-
100 kHz - 10 MHz	f/100	0,4	10	20	-
10 MHz - 10 GHz	-	0,4	10	20	-
10 GHz - 300 GHz	-	-	-	-	50

Tabella 5 – Valori di azione ai sensi del D.Lgs. 81/08 e s.m.i.

Intervallo di Frequenza (f)	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B (μT)	Densità di potenza di onda piana equivalente Seq (W/m ²)	Corrente di contatto IC (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti IL (mA)
0 - 1 Hz	-	1,63 x 10 ⁵	2 x 10 ⁵	-	1,0	-
1 - 8 Hz	20000	1,63 x 10 ⁵ /f ²	2 x 10 ⁵ /f ²	-	1,0	-
8 - 25 Hz	20000	2 x 10 ⁴ /f	2,5 x 10 ⁴ /f	-	1,0	-
0,025 - 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	-	1,0	-
0,82 - 2,5 kHz	610	24,4	30,7	-	1,0	-
2,5 - 65 kHz	610	24,4	30,7	-	0,4 f	-
65 - 100 kHz	610	1600/f	2000/f	-	0,4 f	-
0,1 - 1 MHz	610	1,6/f	2/f	-	40	-
1 - 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	-	40	-
10 - 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 - 400 MHz	61	0,16	0,2	10	-	-
400 - 2000 MHz	3 f ^{1/2}	0,008 f ^{1/2}	0,01 f ^{1/2}	f/40	-	-
2 - 300 GHz	137	0,36	0,45	50	-	-

Fermo restando quanto previsto dall'articolo 15 del D.Lgs. 81/08 e s.m.i., il Datore di Lavoro, tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare

il rischio alla fonte, elimina alla sorgente o riduce al minimo i rischi derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici.

Relativamente agli effetti indiretti legati a interferenze con stimolatori cardiaci impiantati, l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) raccomanda i livelli di esposizione di $E = 1 \text{ kV/m}$ e $B = 100 \text{ }\mu\text{T}$ alla frequenza di 50/60 Hz.

Per quanto riguarda i campi statici l'ICNIRP (2009) propone un valore limite di 0.5 mT per garantire la protezione da potenziali effetti indiretti (interferenze con dispositivi medici elettronici impiantati, effetti meccanici su protesi ferromagnetiche).

A seguito della valutazione dei rischi, qualora risulti che i valori di azione di cui all'articolo 208 sono superati, il datore di lavoro, a meno che la valutazione effettuata a norma dell'articolo 209, comma 2, dimostri che i valori limite di esposizione non sono superati e che possono essere esclusi rischi relativi alla sicurezza, elabora ed applica un programma d'azione che comprenda misure tecniche e organizzative intese a prevenire esposizioni superiori ai valori limite di esposizione, tenendo conto in particolare:

- a) di altri metodi di lavoro che implicano una minore esposizione ai campi elettromagnetici;
- b) della scelta di attrezzature che emettano campi elettromagnetici di intensità inferiore, tenuto conto del lavoro da svolgere;
- c) delle misure tecniche per ridurre l'emissione dei campi elettromagnetici, incluso se necessario l'uso di dispositivi di sicurezza, schermature o di analoghi meccanismi di protezione della salute;
- d) degli appropriati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- e) della progettazione e della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- f) della limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;
- g) della disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale.

I luoghi di lavoro dove i lavoratori, in base alla valutazione del rischio effettuata a norma dell'articolo 209, c. 2, possono essere esposti a campi elettromagnetici che superano i valori di azione devono essere indicati con un'apposita segnaletica. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, laddove ciò sia tecnicamente possibile e sussista il rischio di un superamento dei valori limite di esposizione.

Tale obbligo non sussiste nel caso che dalla valutazione il datore di lavoro dimostri che i valori limite di esposizione non sono superati e che possono essere esclusi rischi relativi alla sicurezza.

Inoltre, in nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori a quelli di esposizione.

Allorché, nonostante i provvedimenti presi dal datore di lavoro in applicazione del Capo IV, i valori limite di esposizione risultino superati, il Datore di Lavoro adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione, individua le cause del superamento dei valori limite di esposizione e adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento.

4.1.4 Informazione, formazione e addestramento dei lavoratori

Secondo quanto stabilito dagli artt. 36 e 37 del D.Lgs. 81/08 e s.m.i., e sulla base della specifica valutazione dei rischi, il datore di lavoro provvede affinché i lavoratori esposti a rischi derivanti da campi elettromagnetici sul luogo di lavoro e i loro rappresentanti vengano informati e formati in relazione al risultato della valutazione dei rischi.

Le attività di informazione e formazione in materia di campi elettromagnetici devono far riferimento:

- alle misure adottate in applicazione del Titolo VIII del D.Lgs. 81/08 e s.m.i.;
- all'entità e al significato dei valori limite di esposizione e dei valori di azione, nonché ai potenziali rischi associati;
- ai risultati della valutazione, misurazione o calcolo dei livelli di esposizione ai campi elettromagnetici effettuate;
- alle modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute;
- alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria e agli obiettivi della stessa;
- alle procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione;
- all'uso corretto di adeguati dispositivi di protezione individuale e alle relative indicazioni e controindicazioni sanitarie all'uso.

5 INDIVIDUAZIONE DELLE SORGENTI DI RISCHIO

5.1 Considerazioni generali

Le sorgenti di campo elettromagnetico sono usualmente identificate in due tipi: sorgenti di tipo intenzionale e di tipo non intenzionale. Le prime sono quelle per cui l'irradiazione del campo elettromagnetico è funzionale all'attività che l'apparato deve svolgere; le seconde sono invece tutte le sorgenti che emettono campo elettromagnetico nell'ambiente come effetto secondario del proprio funzionamento.

In ambito industriale e medicale esistono inoltre una serie di apparati che agiscono tramite l'irradiazione di un campo elettromagnetico e si tratta, ad esempio di: riscaldatori a induzione e a radiofrequenza, forni a microonde, macchine per terapia a onde corte o a microonde, apparati per la risonanza magnetica nucleare. Per quanto riguarda le attività d'ufficio, le sorgenti sono limitate e del tutto simili a quelle presenti in un normale ambiente domestico.

Nel seguito è riportato un elenco non esaustivo delle sorgenti di campi elettromagnetici che possono essere identificate in diversi ambienti di lavoro.

Tabella 6 – Possibili sorgenti di Campi elettromagnetici

LE POSSIBILI SORGENTI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI NEI LUOGHI DI LAVORO SONO:
SETTORE SECONDARIO (INDUSTRIA, ARTIGIANATO)
SISTEMI PER SALDATURA DIELETRICA E TRATTAMENTI TERMICI AD INDUZIONE ELETTROMAGNETICA
APPARECCHIATURE PER LA DISINFESTAZIONE DELLE GRANAGLIE
APPARECCHIATURE WAFERS (MICROCIP DI MEMORIA RF)
APPARECCHIATURE PER L'ESSICCAZIONE DELLA CERAMICA
SALDATRICI AD ARCO O AD ALTA FREQUENZA
FORNI A INDUZIONE PER LA FUSIONE DEI METALLI
SISTEMI A INDUZIONE PER LA TEMPRA DEI METALLI
SISTEMI A RADIOFREQUENZA PER L'INNESCO DEI PLASMI
PRESSE A DISPERSIONE DIELETRICA PER L'INCOLLAGGIO DEI LEGNI E DELLE PLASTICHE
SISTEMI A RADIOFREQUENZA PER L'INDURIMENTO DELLE COLLE
ALTRI SISTEMI A DISPERSIONE DIELETRICA PER L'ESSICCAZIONE O LA VULCANIZZAZIONE DI TESSUTI, CARTA, LEGNI
FORNI A MICROONDE PER LA STERILIZZAZIONE O LA COTTURA DI ALIMENTI
SISTEMI A MICROONDE PER IL RISCALDAMENTI DEI PLASMI
SETTORE MEDICALE-SCIENTIFICO
DIATERMIA
IPERtermia
NMR (RISONANZA MAGNETICA NUCLEARE)
CHIRURGIA CON ELETTROBISTURI ED ELETTROCAUTERIZZATORI
CABINE DI TRASFORMAZIONE MT/BT (MEDIA/BASSA TENSIONE)

LE POSSIBILI SORGENTI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI NEI LUOGHI DI LAVORO SONO:
SETTORE SECONDARIO (INDUSTRIA, ARTIGIANATO)
DISPOSITIVI IN GENERE AD ALTO ASSORBIMENTO DI ENERGIA ELETTRICA
APPARECCHIATURE SCIENTIFICHE (SPETTROGRAFI MAGNETICI, CICLOTRONI E SISTEMI DI PERFUSIONE NUCLEARE)
FORNI ELETTRICI PER FUSIONE DI METALLI E COTTURA CERAMICHE
SETTORE TERZIARIO (SERVIZI, ATTIVITÀ D'UFFICIO)
SCHERMI DEI PC
MACCHINE DA UFFICIO (FAX, FOTOCOPIATRICI, ECC.)
UTILIZZO DI TELEFONIA CELLULARE
IMPIANTISTICA DELLE TELECOMUNICAZIONI E DELLA TELEFONIA CELLULARE
IMPIANTISTICA DELLA TELEFONIA CELLULARE
SISTEMI DI BROADCASTING
IMPIANTISTICA RADAR (ES. TORRI DI CONTROLLO)

Tabella 6b – Elenco sorgenti di Campi elettromagnetici in base alla frequenza

Campo di frequenza	Sorgente	Frequenza di lavoro
10 KHz – 30 KHz VLF (Very Low Frequency)	Saldatrici elettriche	10 KHz
	Circuiti di riga TV	15 KHz
	Forni ad induzione	25 KHz
30 KHz – 300 KHz LF (Low Frequency)	Riscaldatori ad induzione	100 KHz
	Schermi video	400 KHz
300 KHz - 3 Mhz MF (Medium Frequency)	Trasmettitori radio in AM (OM)	525 KHz – 1605 KHz
	Riscaldatori industriali ad induzione	
3 MHz – 30 Mhz HF (High Frequency)	Trasmettitori radio in AM (OC)	3,95 – 26,1 MHz
	Incollatrici della plastica; Presse dielettriche; indoratrici ad induzione	27,12 MHz
	Diatermia	27,12 MHz
	CB, Walkie-Talkies	27,12 MHz
30 MHz – 300 Mhz VHF (Very High Frequency)	Trasmettitori TV VHF	47 - 230 MHz
	Trasmettitori radio in FM	87,5 – 108 MHz
	Eurosegnali	87 MHz
300 MHz – 3 GHz UHF (Ultra High Frequency)	Telefonia cittadina	470 MHz
	Trasmettitori TV UHF	470 – 862 MHz
	Stazioni radiobase analogiche	450 – 465 MHz
	Compagnie telefoniche	410 – 430 MHz
	Diatermia	430 MHz

Campo di frequenza	Sorgente	Frequenza di lavoro
	Stazioni radiobase GSM; Apparecchi mobile GSM	890 – 960 MHz 1710 – 1880 MHz
	Vulcanizzazioni dielettriche	915 – 2450 MHz
	Stazioni di terra satellitari (VSAT), marittime globali, sistemi di sicurezza e di protezione (GMDSS)	1,5 – 1,8 GHz
	Diatermia	2,45 GHz
	Forni a microonde	2,45 GHz
3 GHz – 30 GHz SHF (Super High Frequency)	Sistemi di protezione antifaccheggio	0,9 – 10 GHz
	Sistemi per il controllo del traffico aereo	1 – 10 GHz
	Radar di puntamento	4 – 6 GHz
	Stazioni di terra satellitari (VSAT)	4 – 6 GHz
	Stazioni satellitari (SNG) e trasportabili (TES)	13-14 / 11-12 GHz
	Radar per il controllo del traffico	9 – 35 GHz
30 – 300 GHz EHF (Extra High Frequency)	Segnali video analogici e trasmissioni satellitari	30 / 55 GHz

5.2 Sorgenti individuate presso l'aerostazione di Foggia

Nel caso dell'Aeroporto "Gino Lisa" di Foggia è stata condotta, preliminarmente all'avvio delle attività in campo, un'analisi delle possibili sorgenti presenti presso il sito. Dall'analisi è emerso che presso la struttura sono presenti sia sorgenti a bassa frequenza, quali cabine elettriche MT, quadri, pannelli elettrici ed attrezzature da ufficio (pc, monitor, proiettori, ecc.) sia sorgenti che emettono nel campo delle radiofrequenze costituite da antenne per trasmissioni radio, utilizzate per le comunicazioni aeroportuali interne, antenne di telefonia mobile, sistemi di trasmissione dei segnali per la navigazione ed il controllo del traffico aereo.

Le sorgenti sono riportate in Tabella 7 per la bassa frequenza, in Tabella 8 per l'alta frequenza.

Tabella 7 – Sorgenti di campi elettromagnetici a bassa frequenza (0-10 kHz) presso l'Aeroporto di Foggia

Tipologia sorgente	Ubicazione
Cabine elettriche di MT	Piano seminterrato
PC, monitor, proiettori, attrezzature da ufficio	Intera aerostazione

Tabella 8 - Sorgenti di campi elettromagnetici ad alta frequenza (10 kHz-300GHz) presso l'Aeroporto di Foggia

Tipologia sorgente	Ubicazione	Frequenza di emissione
Telefonia mobile	Antenne posizionata nelle vicinanze dell'aerostazione	900 – 2100 MHz
Servizi di comunicazione ATS	Apparecchiature installate all'interno dell'aerostazione e della torre di controllo	118 – 122 MHz
Radioassistenze alla navigazione e all'atterraggio (sistema DME)	Piazzale air-side – bordo pista	962 – 1213 MHz
Radioassistenze alla navigazione e all'atterraggio (sistema VOR)	Piazzale air-side – bordo pista	115,80 MHz 116,40 MHz
Radioassistenze alla navigazione e all'atterraggio (sistema NDB)	Piazzale air-side – bordo pista	334 kHz 340 kHz
Radioassistenze alla navigazione e all'atterraggio (sistema VORTAC)	Piazzale air-side – bordo pista	113,2 MHz

Per ciascuna tipologia di sorgente, sono state selezionate le postazioni di misura con maggiore potenza di emissione, con un approccio volutamente cautelativo.

6 METODOLOGIE DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Come specificato dall'art. 209 comma 1 del D.Lgs. 81/08 e s.m.i., la valutazione dei rischi può essere effettuata sia attraverso misurazioni in campo che tenendo conto, quando necessario, dei livelli di emissione indicati dai fabbricanti delle attrezzature in conformità alle specifiche direttive comunitarie di prodotto.

Nel caso specifico la valutazione è stata eseguita basandosi su misurazioni eseguite in campo. In particolare le misurazioni sono state rivolte alla determinazione delle grandezze radiometriche al fine di operare un confronto con i valori di azione.

Le grandezze dosimetriche, infatti, non sono facilmente rilevabili in una campagna di monitoraggio, mentre la misurazione delle grandezze radiometriche è più agevole e permette, nei casi di non superamento dei valori di azione, di verificare il non superamento dei livelli di esposizione (cfr. punto 4.1.3).

6.1 Valutazione con misurazioni

Le misurazioni e le analisi dei dati sono state condotte secondo le norme di buona tecnica che si identificano nelle:

CEI 211-6 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".

CEI 211-7 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana".

6.1.1 Strumentazione adoperata e modalità di misura

Nell'ambito della presente indagine, per la misurazione dei CEM alle **basse frequenze**, è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Misuratore di campi elettromagnetici in bassa frequenza PMM 8053B;
- Sonda isotropica esterna per la misura di campi elettrici e magnetici EHP-50 PMM (5 Hz-100 kHz).

Tale strumentazione è isotropa (non è influenzata dalla direzione) e consente di discriminare il contributo all'inquinamento dovuto dalle diverse fonti di radiazione elettromagnetica (e.m.) in quanto fornisce una visualizzazione su 3 assi ortogonali di riferimento del valore istantaneo assunto dal campo e.m. e consente, inoltre, di sfruttare filtri per selezionare la frequenza del campo e.m. da analizzare.

Le misure sono state eseguite con le seguenti modalità:

- lo strumento è stato usato scegliendo la modalità che visualizza sullo schermo la misura in tempo reale dell'induzione magnetica espressa in microTesla (μT) e dell'intensità del campo elettrico espresso in V/m;
- ogni misura di campo elettrico è stata eseguita utilizzando lo specifico cavalletto e con l'operatore a una distanza tale da non alterare i valori reali del campo

elettrico;

- per ogni punto di misura sono state eseguite e memorizzate, sia per il campo elettrico che per il magnetico, misure ad altezze rappresentative della posizione che l'operatore può assumere nella postazione esaminata in modo da simulare al meglio la posizione degli organi bersaglio.

Dal momento che, in generale, non tutti i punti di misura sono associabili ad una determinata frequenza di emissione (ad es. una postazione adiacente un quadro elettrico farà presupporre una esposizione a campi elettrici e campi magnetici prevalentemente a 50 Hz, ma ciò non può essere affermato per una generica postazione videoterminale), le misure sono state effettuate analizzando lo spettro di frequenze compreso tra 5 Hz e 100 kHz.

Per le **alte frequenze** si è adoperato lo strumento il misuratore PMM 8053B e la sonda tipo PMM 330 per misure di campo elettrico con frequenza compresa tra 100 kHz e 7 GHz.

Le misure sono state effettuate lontano da corpi conduttori (in special modo metallici) che ostacolerebbero l'onda di propagazione creando fenomeni di riflessione.

Le modalità di esecuzione delle misure sono le seguenti:

- lo strumento è stato usato scegliendo la modalità che visualizza sullo schermo la misura in tempo reale del campo elettrico espresso in V/m;
- per ciascuna delle stazioni di misura è stata eseguita una misura utilizzando la modalità AVERAGE in un intervallo di tempo di 6 minuti;
- ogni misura di campo elettrico è stata eseguita utilizzando lo specifico cavalletto e con l'operatore a una distanza tale da non alterare i valori reali del campo elettrico;
- si è trascritto, per ogni punto di misura, il valore medio del campo elettrico considerando le misure effettuate alle varie altezze, e si è registrato su file il tracciato temporale della misurazione.

Per tutte le misurazioni gli intervalli di calibrazione della strumentazione usata rispondono a quanto raccomandato dal produttore della strumentazione e dalle norme di riferimento.

6.1.2 Acquisizione dati

La distribuzione spaziale di un campo elettromagnetico può essere descritta utilizzando diversi modelli a seconda della distanza che intercorre tra la sorgente del campo e la regione o area di studio.

Il primo caso è quello del "campo vicino" cioè della regione spaziale molto vicina alla sorgente. In questo caso il campo elettrico ed il campo magnetico presenti appaiono del tutto distinti e correlati da relazioni complesse. Le variazioni da punto a punto possono essere notevoli e la determinazione dei due campi deve essere fatta indipendentemente.

Il secondo caso è invece quello del "campo lontano", cioè è relativo alla regione dello spazio ad una distanza sufficiente dalla sorgente. In questo caso esiste un rapporto costante tra i moduli dei vettori campo elettrico e campo magnetico, detto impedenza d'onda, che, nel caso di propagazione in area, vale:

$$\frac{E}{H} = Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 377\Omega$$

dove:

μ_0 è la costante dielettrica del vuoto pari a $8,854 \times 10^{-12}$ F/m

ε_0 è la permeabilità magnetica del vuoto, pari a $4 \pi \times 10^{-7}$ H/m

Stante questa relazione, in condizioni di misura nel campo lontano, è sufficiente misurare l'intensità del campo elettrico o del campo magnetico per determinare l'esposizione al campo elettromagnetico.

Per determinare in quale situazione ci si trovi, ovvero se le condizioni di misura avvengono in "campo vicino" o in "campo lontano", occorre considerare la distanza del punto di misura dalla sorgente di emissione in rapporto alla lunghezza d'onda ed alla dimensione massima di emissione della sorgente (D). Si è nelle condizioni di "campo lontano" quando la distanza tra sorgente e materia esposta è superiore al valore più elevato tra λ e $2D^2/\lambda$.

Tuttavia, la proprietà di costanza del rapporto tra i moduli del campo elettrico e campo magnetico, vale anche in quella regione del campo individuata come campo vicino radiativo che si estende tra una distanza dalla sorgente pari a λ e la regione di campo lontano. *Ponendosi ad una distanza pari a circa 3-5 volte λ dalla sorgente si può essere certi di porsi in una condizione in cui la misura del campo elettrico è sufficiente per determinare l'esposizione a campo magnetico.*

Nel caso di frequenze di rete (50 Hz) si è invece sempre in condizioni di campo vicino.

Di conseguenza, nell'ambito del presente lavoro, si è proceduti alla misurazione distinta del campo elettrico e dell'intensità di campo magnetico per tutte le sorgenti a bassa frequenza (50 Hz), mentre per le sorgenti nel campo delle radiofrequenze è stato misurato il solo campo elettrico.

Le stazioni di misura sono state scelte nei punti ritenuti più significativi dal punto di vista dell'esposizione dei lavoratori, in genere in corrispondenza delle postazioni effettivamente presidiate dai lavoratori. In altri casi, cautelativamente, le misurazioni sono state effettuate in postazioni prossime alle sorgenti di emissioni, sebbene le stesse non costituiscano postazioni abituali di lavoro.

Nei punti individuati, le misurazioni sono state effettuate:

- a) Alle altezze dal piano di calpestio di 1.10 m (indicativo del tronco, gambe e braccia) e 1.90 m (indicativo della testa) per le misure in bassa frequenza (fino a 10 KHz) (cfr. Linee Guida "ISPESL" sul Titolo VIII, punto 4.13 e CEI 211-6 punto 13.2.3)
- b) Alle altezze dal piano di calpestio di 1.10 m (indicativo delle gambe), 1.50 m (indicativo del tronco e delle braccia) e 1.90 m (indicativo della testa) per le misure in alta frequenza (cfr CEI 211-7 punto 13.5.2).

Le misurazioni sono state effettuate in punti fissi dello spazio per alcuni minuti (almeno 6 nel caso delle misure per le alte frequenze). Prima di effettuare la misura in un punto fisso, per ciascuna area di misura, sono state effettuate delle misure speditive preliminari per caratterizzare la variabilità spaziale dei campi.

Al momento delle misure si è fatto in modo che tutti gli apparati fossero effettivamente funzionanti ed in condizioni rappresentative di "regime".

Infine è necessario specificare che, pur non essendo in possesso dei dati specifici delle apparecchiature/postazioni rilevate circa le potenze impegnate al momento del monitoraggio, i risultati ottenuti dai rilievi strumentali sono affidabili dato che le apparecchiature in prossimità della postazione, al momento delle misure, erano attive e a regime e quindi la potenza impegnata al momento è sicuramente descrittiva di una situazione media.

7 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Di seguito si riporta una schematica descrizione delle modalità di presentazione dei dati, riferite a tutte le misure effettuate.

In ALLEGATO 1 sono riportate le informazioni sui valori massimi rilevati in termini di intensità di campo elettrico E e di induzione magnetica B per le sorgenti in Bassa Frequenza monitorate, mentre in ALLEGATO 2 sono mostrati i valori massimi di intensità di campo elettrico E e di campo magnetico H rilevati per le sorgenti in Alta Frequenza.

Per ciascuno dei sopraccitati allegati, nella scheda "Riepilogo Misure" è riportato il dettaglio delle informazioni acquisite per ogni punto di misura. In particolare:

- **Punto di misura:** numero progressivo, identificativo della misurazione effettuata;
- **Specifiche punto di misura:** descrizione sintetica del punto in corrispondenza del quale è stata effettuata la misura;
- **Altezza (m):** altezza che l'operatore assume nello svolgimento dell'attività lavorativa e/o altezza della sonda durante la misura;
- **Valore massimo:** rilevato, per l'intensità di campo elettrico E (espressa in V/m) e per l'induzione magnetica B (espressa in μ T) relativamente alla Bassa Frequenza;
- **Valore efficace:** rilevato, per l'intensità di campo elettrico E (espressa in V/m) e per l'intensità di campo magnetico H (espressa in A/m) relativamente all'Alta Frequenza;
- **Valore d'azione:** calcolato ai sensi della normativa vigente (cfr. Paragrafo 4.1.3), per l'intensità di campo elettrico E (espressa in V/m) e per l'induzione magnetica B (espressa in μ T) relativamente alla Bassa Frequenza, per l'intensità di campo elettrico E (espressa in V/m) e per l'intensità di campo magnetico H (espressa in A/m) relativamente all'Alta Frequenza (data l'eterogeneità delle sorgenti e delle relative frequenze di funzionamento si è assunto come limite di confronto quello più restrittivo);
- **Indice di Rischio %:** rapporto (espresso in percentuale) tra valore massimo rilevato e valore d'azione, per ciascuno dei parametri di campo elettromagnetico considerati (E, B, H); è una stima della percentuale di rischio a cui possono essere esposti i lavoratori.

In ALLEGATO 3 si riportano i certificati di taratura della strumentazione adoperata per effettuare le misurazioni.

Infine nell'ALLEGATO 4 si riporta l'individuazione planimetrica dei punti di misura e delle relative informazioni descrittive.

8 CONCLUSIONI

Nell'ambito della valutazione dei rischi ai sensi del D.Lgs. 81/08 e s.m.i., in data 06 novembre 2012 è stata effettuata una indagine specifica al fine di valutare l'esposizione dei lavoratori dell'Aeroporto "Gino Lisa" di Foggia a campi elettromagnetici prodotti da sorgenti operanti alle frequenze comprese tra 0 e 300 GHz.

L'acquisizione dei dati in campo è avvenuta, per ciascuna postazione, ad opportuna distanza da eventuali sorgenti di interferenza (superfici metalliche, telefonia cellulare, ecc.), come prescritto dalla norma tecnica di riferimento.

Come si evince dalla lettura delle schede in allegato, ai fini della valutazione è stato effettuato un confronto tra i valori massimi di campo elettromagnetico misurati, per le basse frequenze, e quelli riportati nella Tabella 2 dell'Allegato XXXVI del D.Lgs. 81/08 e s.m.i. (valori di azione).

Per le alte frequenze, invece il confronto è stato effettuato tra la media del valore efficace, registrato nell'intervallo di misurazione, ed il limite riportato nella Tabella 2 dell'Allegato XXXVI del D.Lgs. 81/08 e s.m.i. (valori di azione).

In particolare, per l'alta frequenza, data l'eterogeneità delle sorgenti e delle relative frequenze di funzionamento si è assunto come limite di confronto quello più restrittivo. I risultati ottenuti, riportati nell'allegato 2, confermano la modalità di esecuzione dei rilievi in banda larga essendo tali valori misurati inferiori al 75% del valore del limite più basso applicabile fra quelli relativi alle frequenze di emissione delle sorgenti presenti (cfr. punto 13.3.1 norma CEI 211-7).

I risultati ottenuti da tale confronto evidenziano quanto segue:

- per tutte le postazioni indagate i valori massimi rilevati per le sorgenti in **Bassa Frequenza sono al di sotto, dei valori d'azione** stabiliti dalla normativa vigente (cfr. Tabella 2 Allegato XXXVI del D.Lgs. 81/08 e s.m.i.), sia per quanto attiene l'intensità di campo elettrico E, sia per i valori di induzione magnetica B.
- relativamente alle postazioni monitorate per le sorgenti di campi elettromagnetici in **Alta Frequenza**, è possibile affermare che i valori efficaci di intensità di campo elettrico e di campo magnetico **sono inferiori valori di azione più restrittivi** (cfr. Tabella 2 Allegato XXXVI del D.Lgs. 81/08 e s.m.i.).

Di conseguenza, **i valori limite di esposizione, sono implicitamente rispettati sia per le alte che per le basse frequenze.**

Ugualmente non si riscontrano superamenti dei valori limite indicati dall'ACGIH per la protezione da effetti indiretti quali interferenze con stimolatori cardiaci impiantati.

Si precisa inoltre che l'acquisizione dei dati in campo è avvenuta, per ciascuna area/postazione, in modo tale da avere una copertura totale della superficie del sito.

Tale approccio rafforza ulteriormente la validità della conclusione circa l'assenza di superamenti dei limiti.

Alla luce degli esiti della valutazione ottenuti non si evidenziano situazioni di rischio conclamato e non si ritiene necessaria, pertanto, l'adozione di specifiche misure di adeguamento.

La valutazione dei rischi derivanti da esposizione a campi elettromagnetici sarà ripetuta con periodicità almeno quadriennale come previsto dall'art. 181, comma 2 del D.Lgs 81/08 e smi, nonché aggiornata in caso di significative modifiche impiantistico-organizzative o quando i risultati della sorveglianza sanitaria ne dimostrino la necessità.



AEROPORTO "GINO LISA"
Viale Aviatori - 71122 - Foggia

Indagine ambientale
Valutazione dell'esposizione al rumore

Allegati



AEROPORTO "GINO LISA"

Viale Aviatori - 71122 - Foggia

ALLEGATO 1

Schede delle misurazioni effettuate: Bassa Frequenza

Misure Bassa Frequenza (5 Hz - 100 kHz) - Misure di Campo Elettrico (E)

Punto di misura	Specifiche punto di misura	Altezza (m)	Valore Massimo (V/m)	Limite D.Lgs. 81/08 (V/m) (*)	Indice di Rischio (%)
BF_1	Quadro elettrico generale aerostazione (piano interrato) - Centro ambiente	1,10	2,33	609,76	0,38
		1,90	3,61		0,59
BF_2	Ritiro Bagagli (piano rialzato) - Centro ambiente	1,10	0,07	609,76	0,01
		1,90	0,18		0,03
BF_3	Ufficio Supervisore (piano rialzato) - Centro ambiente	1,10	0,88	609,76	0,14
		1,90	8,64		1,42

Misure Bassa Frequenza (5 Hz - 100 kHz) - Misure di Induzione Magnetica (B)

Punto di misura	Specifiche punto di misura	Altezza (m)	Valore massimo (μ T)	Limite D.Lgs. 81/08 (μ T) (*)	Indice di Rischio (%)
BF_1	Quadro elettrico generale aerostazione (piano interrato) - Centro ambiente	1,10	0,12	20,00	0,62
		1,90	0,13		0,64
BF_2	Ritiro Bagagli (piano rialzato) - Centro ambiente	1,10	0,03	20,00	0,17
		1,90	0,03		0,16
BF_3	Ufficio Supervisore (piano rialzato) - Centro ambiente	1,10	0,03	20,00	0,15
		1,90	0,04		0,19

(*) Il limite indicato rappresenta il valore del limite più basso applicabile fra quelli relativi alle frequenze di emissione delle sorgenti presenti



AEROPORTO "GINO LISA"

Viale Aviatori - 71122 - Foggia

ALLEGATO 2

Schede delle misurazioni effettuate: Alta Frequenza

Misure Alta Frequenza (100 kHz-7 GHz) - Misure di Campo Elettrico (E)

Punto di misura	Specifiche punto di misura	Altezza (m)	Valore efficace (V/m)	Limite D.Lgs. 81/08 (V/m) (*)	Indice di Rischio (%)
HF_1	Piazzale (Air-side) (in corrispondenza dell'ufficio Rampa) - Esterno	1,10	0,01	60,00	0,02
		1,50	0,01		0,02
		1,90	0,01		0,02
HF_2	Ritiro Bagagli (piano rialzato) - Centro ambiente	1,10	0,01	60,00	0,02
		1,50	0,01		0,02
		1,90	0,01		0,02
HF_3	Ufficio Supervisore (piano rialzato) - Centro ambiente	1,10	0,01	60,00	0,02
		1,50	0,01		0,02
		1,90	0,01		0,02

Misure Alta Frequenza (100 kHz-7 GHz) - Misure di Campo Magnetico (H)

Punto di misura	Specifiche punto di misura	Altezza (m)	Valore efficace (A/m)	Limite D.Lgs. 81/08 (A/m) (*)	Indice di Rischio (%)
HF_1	Piazzale (Air-side) (in corrispondenza dell'ufficio Rampa) - Esterno	1,10	0,0000	0,16	0,02
		1,50	0,0000		0,02
		1,90	0,0000		0,02
HF_2	Ritiro Bagagli (piano rialzato) - Centro ambiente	1,10	0,0000	0,16	0,02
		1,50	0,0000		0,02
		1,90	0,0000		0,02
HF_3	Ufficio Supervisore (piano rialzato) - Centro ambiente	1,10	0,0000	0,16	0,02
		1,50	0,0000		0,02
		1,90	0,0000		0,02

(*) Il limite indicato rappresenta il valore del limite più basso applicabile fra quelli relativi alle frequenze di emissione delle sorgenti presenti (come indicato al punto 13.3.1 della norma CEI 211-7)



AEROPORTO "GINO LISA"
Viale Aviatori - 71122 - Foggia

ALLEGATO 3
Certificati di Taratura



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Facoltà di Ingegneria
Laboratorio di Elettrotecnica

TEST REPORT

N°: 202, Rev. 0

Apparecchiatura oggetto dei test (EUT)

Misuratore di campo elettromagnetico

Costruttore: PMM

Modello: 8053

S/N: 0220J91025

+

Sonda di campo elettrico e magnetico

Costruttore: PMM

Modello: EHP 50

S/N: 0110J91204

Richiedente

Studio: Dott. Mario Romani

Viale Egeo 8, Roma

Oggetto

TEST	Procedura
Taratura sonda di campo elettrico LF	Doc. IO020-CEM-R1-6NOV2K6
Taratura sonda di campo magnetico LF	Doc. IO021-CEM-R1-6NOV2K6

Perugia, 3 0 NOV. 2010

Realizzato da:
Ing. Antonio Faba

Approvato da:
Prof. Ing. Ermanno Cardelli

**LABORATORIO DI
ELETTROTECNICA**

Dipartimento di Ingegneria Industriale, Via G. Duranti, 67 - Perugia

Tel. + 39 075 5853731 - Fax +39 075 5853703



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE
Facoltà di Ingegneria
Laboratorio di Elettrotecnica

TEST REPORT

N°: 203, Rev. 0

Apparecchiatura oggetto dei test (EUT)

Misuratore di campo elettromagnetico

Costruttore: PMM

Modello: 8053

S/N: 0220J91025

+

Sonda di campo elettrico

Costruttore: PMM

Modello: EP 330

S/N: 0010J90717

Richiedente

Studio: Dott. Mario Romani

Viale Egeo 8, Roma

Oggetto

TEST	Procedura
Taratura	Doc. IO007-CEM-R1-6NOV2K6

Perugia, 30 NOV. 2010

Realizzato da:
Ing. Antonio Faba

Approvato da:
Prof. Ing. Ermanno Cardelli

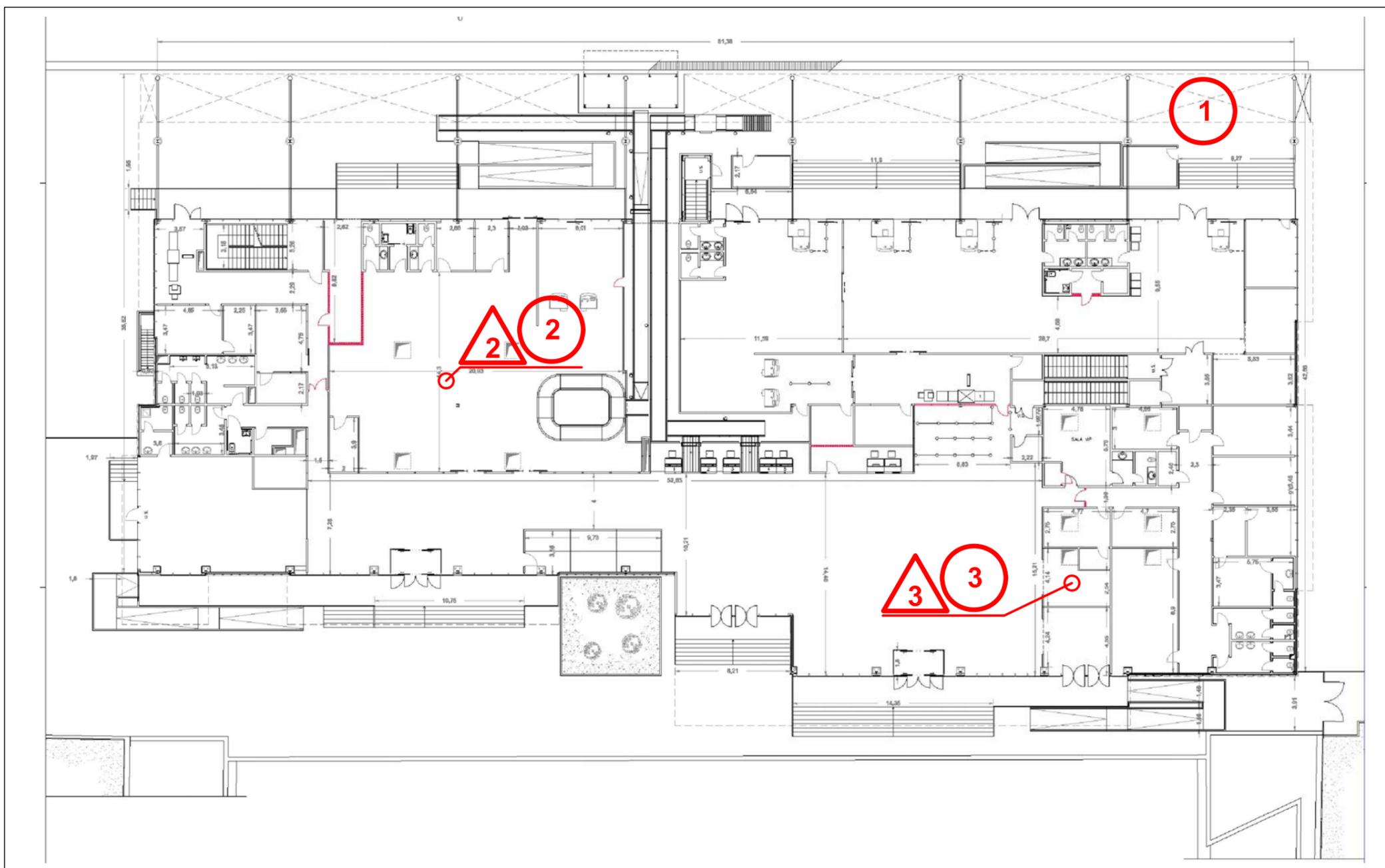


AEROPORTO "GINO LISA"

Viale Aviatori - 71122 - Foggia

ALLEGATO 4

Planimetrie punti di misura



Legenda

	Misure CEM - bassa frequenza
	Misure CEM - alta frequenza